

UDC 339.138:502.3

JEL classification: Q01; Q56; M3

DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2023.02.204>

Олена ЧИГРИН,

доктор економічних наук, доцент
професор кафедри маркетингу,
Сумський державний університет,
вул. Миколи Сумцова, 2, м. Суми, 40000, Україна,
e-mail: o.chygryn@biem.sumdu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4007-3728>

Олексій ГАВРИЛЕНКО,

кандидат технічних наук, доцент,
докторант кафедри хімічної інженерії,
Сумський державний університет,
вул. Миколи Сумцова, 2, м. Суми, 40000, Україна,
e-mail: GavrilenkoAN@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7276-550X>

Катерина ШЕВЧЕНКО,

студентка кафедри маркетингу,
Сумський державний університет,
вул. Миколи Сумцова, 2, м. Суми, 40000, Україна,
e-mail: kateshevchenkooo@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4558-7792>

**РОЗУМНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ:
ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА КОМПОНЕНТИ**

Чигрин О., Гавриленко О., Шевченко К. Розумна трансформація енергетики: основні принципи та складові. *Вісник економіки*. 2023. № 2. С. 204–216. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2023.02.204>

Chygryn, O., Gavrylenko, O. & Shevchenko, K. (2023). Rozumna transformatsiya enerhetyky: osnovni pryntsypy ta skladovi [Smart transformation of the energy industry: basic principles and components]. *Visnyk ekonomiky – Herald of Economics*, 2, 204-216. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2023.02.204>

Анотація

Вступ. З розвитком сучасних технологій світ змінюється. Кожна галузь економіки потребує трансформації для адекватного зростання. Енергетика не є винятком. Україна і світ намагаються перейти до цифрової економіки та сформувати цифрову екосистему держав. З огляду на високий вплив енергетики

© Олена Чигрин, Олексій Гавриленко, Катерина Шевченко, 2023.

на економіку і впровадження цифрової екосистеми держави вкрай важливо вибрати правильну довгострокову стратегію розвитку цієї галузі із одночасним зниженням впливу на навколишнє середовище. Одним із таких шляхів є розумна трансформація енергії, поступовий перехід від використання викопного палива до екологічно чистих джерел енергії.

Метою статті є дослідження розвитку технологій інтелектуальної енергетики та їх перспектив.

Методи. Дослідження трендів і процесів розумної трансформації проводилось за допомогою Google Trends Tools на основі системного підходу та аналізу динаміки розвитку реалізації інноваційних стратегій.

Результати. Основні проблеми традиційної енергетики, спричинені зростанням цін на енергоносії, пов'язані з вичерпанням доступних родовищ органічного та ядерного палива, а також частими аваріями на атомних електростанціях, що водночас викликало необхідність аналізу стану енергоспоживання на сучасному етапі розвитку. На тлі проблем з викопними джерелами енергії одним із ключових світових трендів розвитку енергетики є розвиток альтернативних джерел енергії та цифрової енергетики. Ці процеси уже суттєво вплинули на економіку паливно-енергетичного комплексу деяких країн і все ще розвиваються. Поширення відновлюваної енергетики починає глобально впливати на виробництво, споживання та експлуатацію електроенергії, особливо в країнах, де частка відновлюваної енергії в традиційній енергетиці перевищує 10 % у таких країнах, і Україна прогнозується занадто швидко. Перехід від поточних прогнозованих моделей генерації з фактично постійною потужністю до мереж, до яких підключено змінні відновлювані джерела енергії, ймовірно, вимагатиме значних змін.

Для впровадження відновлюваної та розподіленої відновлюваної енергії необхідно більше зусиль для управління, перерозподілу і нагромадження потоків енергії в мережі. Цифровізація може вирішити виклики, які в майбутньому тільки посилюватимуться, у три етапи: «розумне» виробництво енергії, інноваційне управління та розрахунки з клієнтами і розумне споживання. Основною проблемою є потреба у значній кількості даних, які потрібно обробити, щоб зрозуміти, як мережа працює в будь-який момент часу, щоб за допомогою постійних змін її параметрів можна було керувати змінними, прогнозувати поточні потреби клієнтів та проводити оцінювання можливостей енергетичних послуг.

Перспективи. Цифрові технології, такі як Інтернет речей, штучний інтелект, автоматизація, складні хмарні обчислення та блокчейн, набувають популярності в енергетичному секторі. Інвестиції у такі технології зростають щороку та будуть вирішальні до 2030 року. Також перспективним є оцифровування електричних систем. Взаємозв'язок і зміна ролей генераторів, споживачів та електромереж будуть центральною рисою майбутнього електропостачання.

Ключові слова: розумна трансформація, енергетика, розумні мережі, Інтернет речей, штучний інтелект.

Формули: 0, рис.: 9, табл.: 0, бібл.: 10.

Olena CHYGRYN,

D. Sc. (Economics), Professor,
Associate Professor of the Department of Marketing,
Sumy State University,
2 Mykoly Sumtsova Str., Sumy, 40000, Ukraine
e-mail: o.chygryn@biem.sumdu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4007-3728>

Oleksii GAVRYLENKO,

PhD (Technical), Associate Professor,
Postdoctoral of the Department of Chemical Engineering,
Sumy State University,
St. Mykoly Sumtsova, 2, Sumy, 40000, Ukraine,
e-mail: GavrilenkoAN@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7276-550X>

Kateryna SHEVCHENKO,

Student of the Department of Marketing,
Sumy State University,
2 Mykoly Sumtsova Str., Sumy, 40000, Ukraine
e-mail: kateshevchenkooo@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4558-7792>

SMART TRANSFORMATION OF THE ENERGY INDUSTRY: BASIC PRINCIPLES AND COMPONENTS

Abstract

Introduction. *With the development of modern technologies, the world is changing. Every branch of the economy needs transformation for adequate growth. Energy is no exception. Ukraine and the world are trying to transition to a digital economy and form a digital ecosystem of states. Given the high impact of energy on the economy and the implementation of the state's digital ecosystem, it is crucial to choose the right long-term strategy for developing this industry while simultaneously reducing the impact on the environment. One of these ways is smart energy transformation, a gradual transition from using fossil fuels to environmentally friendly energy sources.*

The article aims to research the development of the smart energy sector's technologies and their perspectives.

Methods. *Investigating the smart transformation trends and processes was provided using Google Trends Tools on the frame of systematic approach and analysing the development dynamic of innovative strategies implementation.*

Results. *The main problems of traditional energy, caused by rising energy prices, which in turn are related to the exhaustion of readily available fields of organic and nuclear fuels, as well as frequent accidents at nuclear power plants, which in turn caused the need to analyse the state of energy consumption at the current stage of development. Against the background of problems with fossil energy sources, one of the key global trends in the*

development of the energy industry is the development of alternative energy sources and digital energy. These processes have already significantly influenced the economy of the fuel and energy complex in some countries and continue to develop. The proliferation of renewable energy is already beginning to have a global impact on electricity generation, consumption, and operation, especially in countries where the share of renewable energy in traditional energy exceeds 10 % in such countries, and Ukraine is projected too soon. The transition from current forecast generation models with essentially constant power to networks with which variable renewable energy sources are connected will likely require significant changes. Implementing renewable and distributed renewable energy will require more effort to manage, redistribute and accumulate energy flows in the grid. Digitisation can solve challenges that will only intensify in the future in three stages: «smart» energy generation, innovative management and settlement with customers, and wise consumption. The main problem here is the need for a considerable amount of data that will need to be processed to understand how the network works at any given time so that, with constant changes to its parameters, variables can be managed, forecasted, customers' current needs and capabilities assessed energy services.

Prospects. *Digital technologies such as the Internet of Things, artificial intelligence, automation, complex cloud computing and blockchain are gaining popularity in the energy sector. Investments in these technologies are growing yearly and will become decisive by 2030. Digitisation of electrical systems was also investigated. The interconnectedness and evolving roles of generators, consumers and power grids will continue to be a central feature of the future of electricity supply.*

Keywords: *smart transformation, energy industry, smart grid, Internet of Things, artificial intelligence.*

Formulas: 0, **fig.:** 9, **tabl.:** 0, **bibl.:** 10.

JEL Classification: Q01; Q56; M3.

Вступ. Економічний спад простежується в усьому світі, що забезпечує зростання попиту на енергію, і обумовлюється соціально-економічними та політичними факторами: прискоренням зростання темпів економічної діяльності, збільшенням чисельності населення, підвищенням рівня споживання тощо. Водночас енергетичні компанії повинні враховувати нові вимоги сьогодення, зокрема: нормативи декарбонізації й активізацію розвитку альтернативної енергетики і ретельно зважувати співвідношення ризику та переваги для кожного проекту. Багато компаній розширюють свій енергетичний фокус, включаючи відновлювані джерела енергії – галузь, яка все більше залежить від інновацій і технологій.

Безсумнівно, енергетична галузь переживає безпрецедентні технологічні інновації. Ця швидка еволюція систем, процесів та технологій дає змогу успішним компаніям розвивати та постачати енергію по всьому світу.

Енергетичні компанії, у т. ч. нафтогазовий сектор, комунальні підприємства і постачальники відновлюваної енергії, застосовують цифрові рішення з метою підвищення безпеки, оптимізації операцій, зменшення витрат, впровадження інновацій та зміцнення кіберзахисту. Наслідки розвитку інтернету речей (IoT) в енергетичному секторі, застосування штучного інтелекту (AI) і розширеної аналітики, впровадження

блокчейну, автоматизація енергетичного сектору – усе це впроваджують лідери цифровізації для зменшення сум витрат та забезпечення сталого функціонування.

Постановка проблеми. Розумні електромережі, їхнє функціонування і впровадження розглядаються в працях таких вчених, як: К. Кобус, Е. Клаассен, М. Р. Алам, С. А. Алаві, А. Х. Багдаді та ін.

Мета статті – дослідити стан розвитку і перспективні напрямки застосування розумних технологій в енергетиці.

Результати дослідження. Енергетичний сектор – це галузь, яку, зазвичай, вважали консервативною, складною та повільно адаптованою до ринкових сил. Проте зараз вона стикається з реальністю значних змін і проблем, пов'язаних із постійною чутливістю навколишнього середовища, зміною ставлення політиків та очікувань споживачів. Такі виклики породили чимало інновацій у традиційній ІТ-сфері та за її межами.

У роботі досліджено рівень популярності й інтересу до розумної трансформації енергетичного сектору у вебсередовищі. За пошуковим запитом «Smart Grid» (2018–2022) визначено певний рівень інтересу, що характеризується тенденцією до зростання. На рис. 1 вертикальна вісь показує рівень інтересу до спорідненої теми за найвищим показником для відповідного регіону та періоду.

Набір інструментів Google Trends [1] дає змогу відстежувати відповідні тенденції для певних категорій (рис. 1).

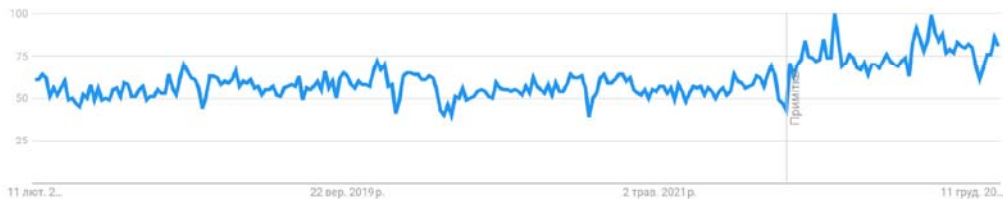


Рис. 1. Динаміка популярності пошукових запитів «розумна енергія»
Джерело: розроблено авторами на базі Google Trends.

Рівень 100 балів характеризує найвищий рівень популярності запиту. У такому разі 0 балів означає рівень, для якого недостатньо даних для цього запиту.

Крім того, набір інструментів Google Trends [1] дає змогу досліджувати географічне розташування відповідних пошукових запитів. Результати дослідження показують, що категорія «розумна енергія» найчастіше застосовувана в науковій галузі Великобританії, Нової Зеландії, Австралії, Сінгапуру та Китаю (рис. 2).

У такому разі максимальна кількість балів (100) означає, що категорія характеризується найбільшою популярністю, а відсутність інформації про обрану категорію свідчить про нульовий рівень і відсутність позначок на карті.

Також здійснено пошукові запити категорії «енергія» та «розумні мережі» (2018–2022) і досліджено певні рівні інтересу до них, які мають тенденцію до зростання.



Рис. 2. Карта інтенсивності запитів категорії «розумна енергія» у світі в науковій сфері

Джерело: розроблено авторами за допомогою Google Trends.

Набір інструментів Google Trends [1] дає змогу відстежувати відповідні тенденції для відповідних категорій (рис. 3).

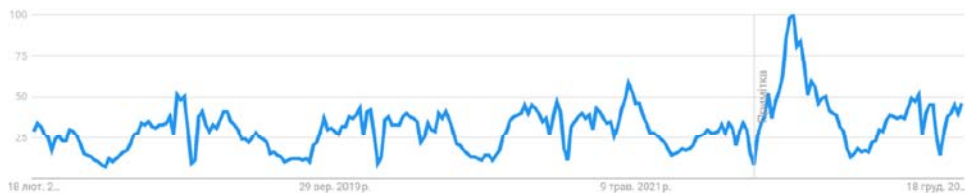


Рис. 3. Динаміка популярності пошукових запитів категорії «енергетична трансформація»

Джерело: розроблено авторами на базі Google Trends.

Протягом останніх п'яти років (2018–2022) є стабільний інтерес до такої концепції та зазначається, що цей інтерес має тенденцію до зростання.

Крім того, набір інструментів Google Trends [1] дає змогу досліджувати географічне розташування відповідних пошукових запитів. Результати дослідження показують, що категорія «енергетична трансформація» найчастіше застосовувана у науковій сфері на Філіппінах, Гані, Непалі, Ямайці й Ефіопії (рис. 4).



Рис. 4. Карта інтенсивності запитів на «енергетична трансформація» у світі в науковій сфері

Джерело: розроблено авторами за допомогою Google Trends.

На рис. 5 представлені результати аналізу протягом останніх п'яти років (2018–2022) інтересу до концепції «smart grid», що отримані за допомогою інструментарію Google Trends [1]. Інтерес до цієї концепції високий і також має тенденцію до зростання (рис. 5).



Рис. 5. Динаміка популярності пошукових запитів «smart grid»
Джерело: розроблено авторами на базі Google Trends.

Крім того, набір інструментів Google Trends [1] дає змогу досліджувати географічне розташування відповідних пошукових запитів. Результати дослідження показують, що категорія «smart grid» найчастіше застосовувана в науковій сфері Китаю, Ефіопії, Австралії, Тунісу та Пакистану (рис. 6).



Рис. 6. Карта інтенсивності запитів на «smart grid» у світі в науковій сфері
Джерела: розроблено авторами за допомогою Google Trends.

Згідно з McKinsey [2], зростання попиту на енергію і зміна очікувань споживачів зробили енергетичний сектор складнішим, більш конкурентоспроможним і непередбачуваним. «Цифрова трансформація – це те, як енергетичні компанії можуть подолати такі виклики, водночас, покращуючи сталий розвиток. У роботі досліджено п'ять цифрових технологій, що трансформують енергетичний сектор» [3].

1. Наслідки IoT в енергетичному секторі:

- IoT (Інтернет речей) може збільшити виробництво, продаж і ефективність розподілу;
- іристрої з підтримкою Інтернету речей можуть принести користь управлінню бурінням та покращити здоров'я і безпеку під час морського видобутку нафти та газу. Взаємопов'язані статичні датчики, мобільні датчики і камери надають дані в реальному часі для профілактичного обслуговування, моніторингу енергетичних активів та ухвалення оптимальних рішень у виробництві нафти і газу;

• інструменти накопичення енергії й аналітики з підтримкою Інтернету речей можуть аналізувати ринкові дані, щоб зменшити дисбаланс у пропозиції та попиті на відновлювану енергію;

• геотермальну енергію можна дистанційно виробляти і керувати нею через інтегровану мережу, що підтримується IoT. У зв'язку з тим, що геотермальні електростанції є в сейсмонебезпечних районах, дистанційне керування такими електростанціями дає змогу створити безпечні умови роботи працівників. Такі системи, як SCADA (системи диспетчерського контролю та збору даних) та системи управління продуктивністю (AMI та ADMS), вмикаються за допомогою пристроїв IoT, які функціонують як приймачі і надають співробітникам віддалений доступ для виконання щоденних завдань із продукування енергії.

За даними Precedence Research [4], прогнозується, що «розмір енергетичного ринку глобального Інтернету речей (IoT) перевищить приблизно 99,6 млрд дол. США до 2030 р. та зросте на примітному CAGR у 11,8% між 2022 і 2030 роками» (рис. 7).

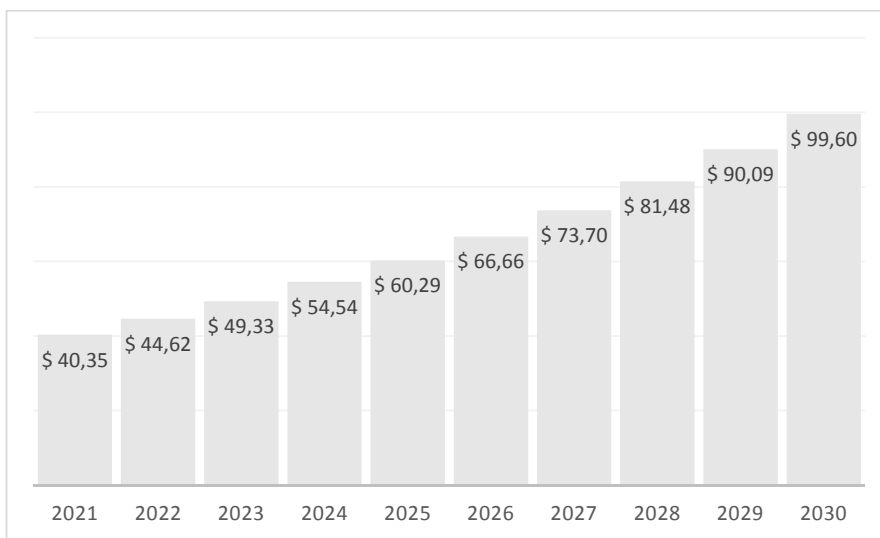


Рис. 7. Інтернет речей (IoT) у розмірі енергетичного ринку, 2021–2030 (млрд дол. США)

Джерела: Precedence Research.

2. Використання AI і розширеної аналітики в енергетичному секторі:

• інтелектуальні мережі, керовані AI (штучним інтелектом) – це мережі, що забезпечують розумний потік енергії та даних між постачальником енергії і споживачем. Ця мережа дає змогу збирати, зберігати й аналізувати величезні обсяги даних, які можна використовувати за допомогою розширеної аналітики та машинного навчання для виявлення несправностей на підприємствах з виробництва енергії і точного прогнозування попиту на енергію. У результаті цього розумні електромережі, керовані штучним інтелектом, можуть підвищити ефективність у всьому ланцюжку вартості енергії;

- нова програма штучного інтелекту IBM застосовує моделі погоди, що самонавчаються, історичні дані про погоду, дані з сенсорних мереж та інформацію про хмари для прогнозування сонячних прогнозів, які на 30% точніші. Це також призводить до більшого виробництва сонячної енергії з меншими витратами;

- точніші прогнози та передбачення за допомогою програм AI можуть гармонізувати постачання викопного палива і відновлюваних джерел енергії. Це приведе до підвищення ефективності та зниження витрат.

3. Наслідки впровадження блокчейну в енергетичному секторі:

- зростання мережі енергетичних транзакцій породило серйозні проблеми щодо безпеки та довіри для залучених сторін. Технологія блокчейн має наслідки для прозорої однорангової торгівлі енергією;

- технологія блокчейн також може відстежувати джерело відновлюваної енергії та записувати вуглецевий слід різних сторін, залучених до мережі;

- ще один потенційний наслідок – це енергетичні мережі. Надлишок енергії може зберігатися в блокчейні за допомогою розумних лічильників, а алгоритми можуть автоматично зіставляти покупців і продавців цієї додаткової енергії за допомогою розумних контрактів;

- успішні невеликі пілотні розробки технології блокчейн використовуються для всесвітньої прозорої та ефективної продажі енергії (рис. 8).

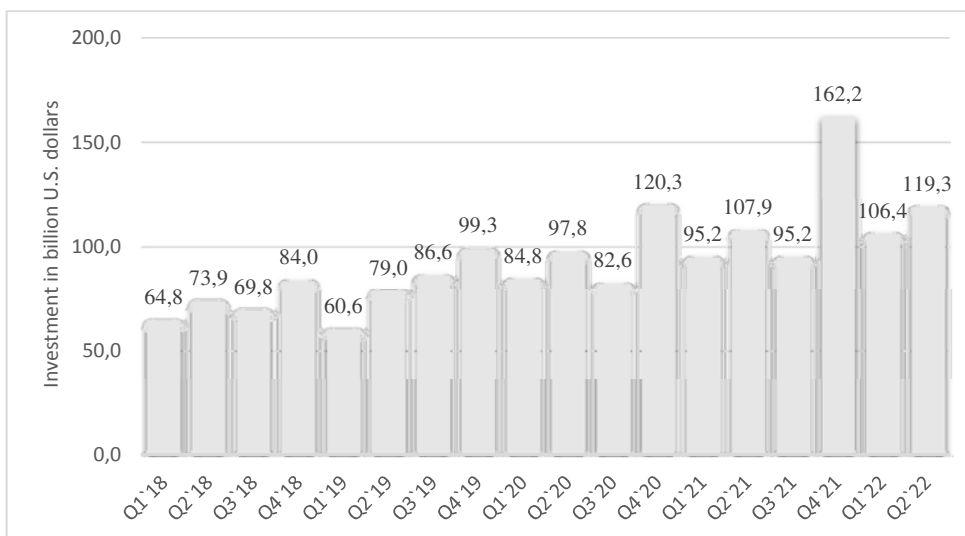


Рис. 8. Нові інвестиції в технології відновлюваної енергетики в усьому світі з 1-го кварталу 2018 року до 2-го кварталу 2022 р. (млрд дол. США)

Джерела: Statista [5].

4. Автоматизація енергетичного сектору:

- повторювані та схильні до помилок завдання, такі як перевірка показань лічильників, виставлення рахунків, скасування платежів та управління скаргами, можна автоматизувати за допомогою RPA (роботизованої автоматизації процесів) у торгівлі енергією;

- робототехніка також сприяє розвитку відновлюваної енергії. Зокрема, боти можуть регулярно оглядати та обслуговувати велике обладнання на сонячних електростанціях і забезпечувати уникнення від збоїв та аварій.

Уряди в усьому світі ведуть політику зі стимулювання еволюції енергетичних систем. Національні інфраструктурні програми інтелектуального вимірювання, перманентне регулювання модернізації мереж розподілу енергії та інтеграції ключових технологій гнучкості формують базу для цифровізації галузі. Водночас відбуваються дискретні зміни, адже компанії, що функціонують в енергетиці, переходять на застосування цифрових технологій. Отже, перехід до «розумних мереж» найкраще розглядати як ітеративний процес, що побудований на основі певної інфраструктури та регулювання. Кожна нова розробка додає дані до системи і, якщо їх ефективно застосовувати, то вони підвищують ефективність та збільшують цінність усієї галузі. Проте застосування даних у такий спосіб неминуче створить новітні виклики, а саме: дотримання вимог захисту і безпеки даних. Дотримання законів про захист даних і безпеку є життєво важливим для майбутнього успіху інтелектуальної енергетичної галузі, а ефективне володіння даними й управління ними необхідні для усвідомлення цінності таких даних.

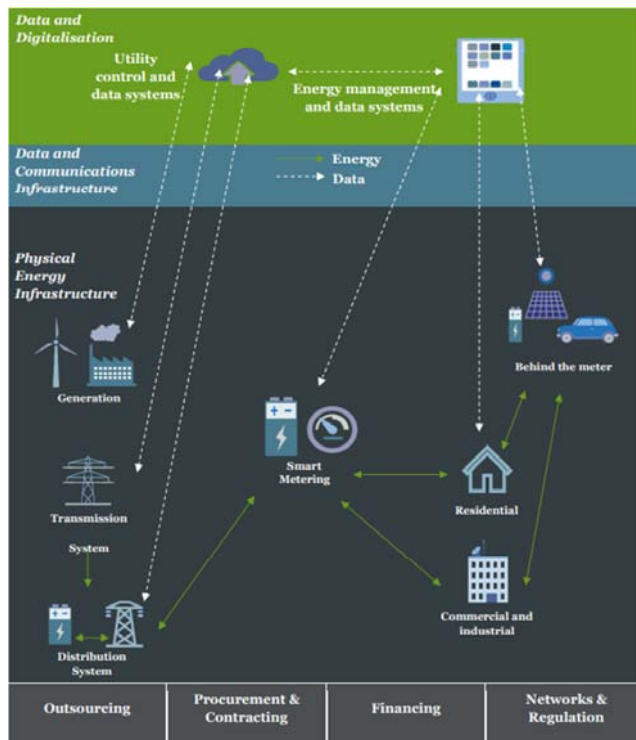


Рис. 9. Цифровізація Електричних Систем

Джерела: Bird & Bird [6].

Історично енергетичні системи, як правило, проектувались на основі централізованої генерації та відносно односпрямованих потоків електроенергії через мережу до споживачів, з регулюванням і довгостроковими інвестиціями, заснованими на такій моделі. Цифровізація все частіше порушує цей статус-кво, адже галузі ІТ та телекомунікацій відіграють фундаментальнішу роль у роботі і розвитку енергетичних мереж. Взаємозв'язок та еволюція ролей генераторів, споживачів і мереж все ще буде центральною рисою нашого майбутнього електропостачання. Ця трансформація покладається на те, що зацікавлені сторони у багатьох промислових та державних секторах працюють разом, щоб забезпечити переваги цифровізації.

Один із основних шляхів розвитку енергетики – її «інтелектуалізація». Щоб оцінити рівень «інтелектуалізації» енергетики у світі, термін Smart став загальноновживаним у всьому світі. Відповідно до найбільш поширеного тлумачення, «Smart Grid – це концепція повністю інтегрованої, саморегульованої і самовідновлюваної електроенергетичної системи, яка має мережеву топологію та охоплює усі генеруючі джерела, магістральні і розподільні мережі та усі типи споживачів електроенергії, керованих єдиною мережею інформаційно-керуючих пристроїв і систем у режимі реального часу. Так, у США концепції Smart Grid відводиться роль революційної ініціативи, що дає енергетиці «друге дихання» та стимулює економічний розвиток. Ідея Smart Grid в країнах ЄС вважається ідеологією загальноєвропейської програми розвитку електроенергетики, основою інноваційної модернізації і трансформації електроенергетики, основою побудови «Європейської електромережі майбутнього»» [7].

У рамках концепції Smart Grid інтелектуальну електроенергетичну систему розглядають як єдину мережу інформаційно-керуючих систем, яка забезпечує:

- «повністю інтегровану, саморегульовану та самовідновлювальну електромережу, яка має мережеву топологію і включає усі джерела генерації, передачі та розподілу, а також усі типи споживачів електроенергії, керовані в єдину мережу інформаційно-керуючих пристроїв і систем. в режимі реального часу» [8];
- інтеграцію усіх видів генерації (у т. ч. раннього віку) та будь-яких видів споживачів (від домогосподарств до великої промисловості) з метою ситуативного управління попитом на їхні послуги і забезпечення їхньої активної участі в роботі енергосистеми;
- зміну параметрів та топологію мережі у режимі реального часу згідно з поточними умовами експлуатації, за винятком виникнення і розвитку аварій;
- розширення ринкових можливостей інфраструктури через взаємне надання широкого спектра послуг суб'єктами ринку та інфраструктури;
- мінімізацію втрат, підвищення самодіагностики і самовідновлення за дотримання умов надійності й якості електроенергії;
- інтеграцію електромережі та інформаційної інфраструктури, що створює всережимну систему управління із повномасштабним інформаційним забезпеченням.

В Україні розроблено Концепцію впровадження Smart Grid до 2035 р. Вона «передбачає, по-перше, впровадження «розумного» обліку. Це має зменшити втрати електроенергії у мережі. По-друге, йдеться про автоматизацію розподільних мереж, що має значно підвищити надійність електропостачання. По-третє, планується масштабна цифровізація, перехід на безперервне електропостачання (або хоча б

мінімальні перебої) тощо. Основною проблемою впровадження концепції Smart Grid в Україні є потреба у додатковому фінансуванні. Для вирішення цієї проблеми із 2021 р. запроваджено стимулювальні тарифи для операторів систем розподілу (ОРС). За словами представників Міненерго, це дасть змогу операторам систем розподілу збільшити обсяги інвестицій у модернізацію електромереж і поступово зменшити втрати електроенергії в них» [9].

Уряд ставить перед собою амбітну «мету наблизити якість та надійність електропостачання в Україні до найкращих світових показників за допомогою «розумних» мереж. Крім того, це має зменшити викиди CO₂ за рахунок зменшення використання палива на електростанціях» [10].

Висновки та перспективи подальших досліджень. У статті розглянуто приклади впровадження розумної трансформації в енергетиці. Аналіз останніх тенденцій показав, що люди все більше зацікавлені в інтелектуальному використанні енергії та вимагають від постачальників енергії більшої стійкості, надійності, зручності, персоналізації і контролю, а також переходу енергії на відновлювані джерела енергії. Цифрові технології (Інтернет речей, штучний інтелект, автоматизація, складні хмарні обчислення та блокчейн) набувають популярності в енергетичному секторі. Інвестиції в ці технології щороку зростають і будуть вирішальні до 2030 р. Також досліджували оцифровку електричних систем. Взаємозв'язок та зміна ролей генераторів, споживачів і електромереж будуть центральною рисою майбутнього електропостачання.

Фінансування. Це дослідження фінансує Міністерство освіти і науки України, номер гранту 0122U000788, 0123U101920 and ERASMUS+ Programme, номер гранту 620232-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-MODULE.

References

1. Google Trends. Retrieved from: <https://trends.google.com.ua/trends/?geo=UA> [in English].
2. McKinsey & Company. Retrieved from: <https://www.mckinsey.com> [in English].
3. Top 5 Digital Technologies Transforming. The Energy Sector. AIMultiple. Retrieved from: <https://research.aimultiple.com/digital-transformation-in-energy-industry> [in English].
4. Internet of Things (IoT) in Energy Market Size, Report 2030. Precedence Research - Market Research Reports & Consulting Firm. Retrieved from: <https://www.precedenceresearch.com/internet-of-things-in-energy-market> [in English].
5. Renewable energy technology investments globally 2022 | Statista. Statista. Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/1279058/global-new-investment-in-renewable-energy-technology> [in English].
6. Bird&Bird&The digital transformation of the energy industry. Energy 4.0. 2022. Retrieved from: https://www.twobirds.com/-/media/pdfs/international_energy-digitalisation_brochure_jan-2022.pdf [in English].
7. Systems based on the Smart Grid technological platform | Department of EP. Retrieved from: <https://ep.kpi.ua/uk/node/22> [in English].
8. What is Smart Grid | IGI Global? IGI Global: International Academic Publisher. Retrieved from: <https://www.igi-global.com/dictionary/smart-grid/27180> [in English].

9. Ukraine 2050 low emission development strategy. Kyiv, November 2017. P. 76. Retrieved from: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Ukraine_LEDS_en.pdf[in English].
10. Electric networks will become “smart” - Ukrainian Energy. Retrieved from: <https://ua-energy.org/uk/posts/elektrychni-merezhi-stanut-rozumnymy> [in English].

Статтю отримано 30 квітня 2023 р.

Article received April 30, 2023.